

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.02.017

文章编号: 1005-8982 (2026) 02-0104-07

临床研究·论著

多模态代谢-血液标志物联合甲状腺超声特征 构建的高危结节风险预测列线图*

郑苏敏¹, 李红¹, 钱昊²

(淮安市第一人民医院 1. 健康管理中心, 2. 心内科, 江苏 淮安 223300)

摘要: **目的** 探讨多模态代谢-血液标志物联合甲状腺超声特征在甲状腺高低危结节鉴别中的价值, 并构建高危结节风险预测列线图模型。**方法** 选取2024年5月—2025年4月淮安市第一人民医院健康管理中心检出的8 141例甲状腺结节患者, 根据甲状腺超声甲状腺影像报告和数据系统分类标准, 将4类结节(4a、4b、4c)归为高危结节组(111例), 1~3类结节归为低危结节组(8 030例)。比较两组多模态代谢-血液标志物水平及甲状腺超声特征差异, 通过多因素一般Logistic回归模型分析影响高危结节的独立危险因素, 并构建甲状腺高危结节发生的预测列线图模型及校正曲线。**结果** 高危结节组年龄、促甲状腺激素(TSH)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)水平均高于低危结节组($P < 0.05$), 游离甲状腺素(FT4)水平低于低危结节组($P < 0.05$)。低危结节组血流分级0、I级占比、边界清晰率、形态规则率均高于高危结节组($P < 0.05$), 钙化率和内部低回声占比均低于高危结节组($P < 0.05$)。多因素一般Logistic回归分析结果显示: 年龄大 [$\hat{OR}=1.036$ (95% CI: 1.011, 1.061)]、TSH水平高 [$\hat{OR}=1.058$ (95% CI: 1.017, 1.100)]、LDL-C水平高 [$\hat{OR}=1.644$ (95% CI: 1.065, 2.537)]、发生钙化 [$\hat{OR}=12.767$ (95% CI: 6.583, 24.762)]、血流分级II、III级 [$\hat{OR}=10.351$ (95% CI: 5.347, 20.038)]、内部回声低 [$\hat{OR}=17.075$ (95% CI: 8.343, 34.943)]均为发生甲状腺高危结节的危险因素($P < 0.05$); FT4水平高 [$\hat{OR}=0.826$ (95% CI: 0.700, 0.973)]、边界清晰 [$\hat{OR}=0.046$ (95% CI: 0.023, 0.091)]、形态规则 [$\hat{OR}=0.019$ (95% CI: 0.009, 0.039)]均为甲状腺高危结节的保护因素($P < 0.05$); 并构建甲状腺高危结节发生的列线图模型。**结论** 基于多模态代谢-血液标志物与甲状腺超声特征构建的列线图模型能有效区分甲状腺高低危结节, 为临床决策提供量化工具。

关键词: 甲状腺结节; 代谢标志物; 超声特征; 列线图; 高危结节风险预测

中图分类号: R736.1; R581

文献标识码: A

Nomogram for predicting high-risk thyroid nodules based on multimodal metabolic and blood markers combined with ultrasound characteristics*

Zheng Su-min¹, Li Hong¹, Qian Hao²

(1. Health Management Center, Huai'an First People's Hospital, Huai'an, Jiangsu 223300, China;

2. Department of Cardiology, Huai'an First People's Hospital, Huai'an, Jiangsu 223300, China)

Abstract: Objective To investigate the value of multimodal metabolic and blood biomarkers combined with thyroid ultrasound characteristics in distinguishing benign low-risk from high-risk thyroid nodules, and to construct a risk prediction nomogram model for high-risk nodules. **Methods** A total of 8 141 patients with thyroid nodules detected at the Health Management Center of Huai'an First People's Hospital from May 2024 to April 2025 were

收稿日期: 2025-06-13

* 基金项目: 江苏省自然科学基金青年基金 (No: BK20230135)

[通信作者] 钱昊, E-mail: 15751331227@163.com

enrolled. According to the Thyroid Imaging Reporting and Data System (TI-RADS) classification criteria, category 4 nodules (4a, 4b, and 4c) were defined as the high-risk group ($n = 111$), while categories 1-3 nodules were defined as the low-risk group ($n = 8\ 030$). Differences in levels of multimodal metabolic and blood markers and ultrasound characteristics of thyroid nodules were compared between the groups. Independent risk factors for high-risk nodules were analyzed using a multivariable logistic regression model, and a nomogram along with a calibration curve was constructed to predict the occurrence of high-risk thyroid nodules. **Results** The high-risk group exhibited higher age and levels of TSH and LDL-C ($P < 0.05$), while FT4 levels were lower in the high-risk group than in the low-risk group ($P < 0.05$). The low-risk group had higher proportions of nodules with grades 0 and I blood flow, clear margins, and regular morphology ($P < 0.05$), alongside lower rates of nodules with calcification and internal hypoechoogenicity compared to the high-risk group ($P < 0.05$). Multivariable logistic regression analysis revealed that advanced age [$\hat{OR} = 1.036$ (95% CI: 1.011, 1.061)], elevated TSH levels [$\hat{OR} = 1.058$ (95% CI: 1.017, 1.100)], high LDL-C levels [$\hat{OR} = 1.644$ (95% CI: 1.065, 2.537)], calcification [$\hat{OR} = 12.767$ (95% CI: 6.583, 24.762)], grade II~III blood flow [$\hat{OR} = 10.351$ (95% CI: 5.347, 20.038)], and internal hypoechoogenicity [$\hat{OR} = 17.075$ (95% CI: 8.343, 34.943)] were risk factors for high-risk thyroid nodules ($P < 0.05$). Conversely, elevated FT4 levels [$\hat{OR} = 0.826$ (95% CI: 0.700, 0.973)], well-defined borders [$\hat{OR} = 0.046$ (95% CI: 0.023, 0.091)], and regular morphology [$\hat{OR} = 0.019$ (95% CI: 0.009, 0.039)] were protective factors against high-risk thyroid nodules ($P < 0.05$). A nomogram model for predicting high-risk thyroid nodules was constructed. **Conclusion** The nomogram model, constructed based on multimodal metabolic and blood biomarkers and thyroid ultrasound characteristics, effectively distinguishes between high-risk and low-risk thyroid nodules, providing a quantitative tool for clinical decision-making.

Keywords: thyroid nodule; metabolic markers; ultrasound features; nomogram; high-risk nodule prediction

甲状腺结节是临床常见的内分泌系统疾病,其恶性风险评估一直是诊疗难点^[1]。随着超声技术的进步与代谢组学的发展,多模态联合诊断策略逐渐成为甲状腺癌早期识别的重要手段^[2]。目前临床主要依靠甲状腺超声特征进行高低危结节的评估,但部分不典型结节仍存在诊断困难,且超声结果评估易受操作者经验影响。近年来研究表明,甲状腺功能异常、糖脂代谢紊乱与甲状腺癌发生、发展密切相关,而肝功能指标可反映肿瘤微环境变化^[3-4]。然而,单独的代谢指标或影像学评估的敏感性和特异性有限,难以满足精准医疗需求。基于此,本研究拟系统性分析甲状腺功能、糖脂代谢、肝肾功能等血液标志物及甲状腺超声特征与甲状腺高低危结节的关联,通过多模态代谢-血液标志物联合甲状腺超声特征构建甲状腺高危结节风险列线图,旨在为临床提供客观量化的决策工具,优化甲状腺结节的精准化管理策略。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2024年5月—2025年4月淮安市第一人民医院健康管理中心检出的8 141例甲状腺结节患者

为研究对象,根据甲状腺影像报告和数据系统(thyroid imaging reporting and data system, TI-RADS)分类标准,将4类结节(4a、4b、4c)归为高危结节组(111例),1~3类结节归为低危结节组(8 030例)。本研究经医院医学伦理委员会批准同意(No: KY-2025-186-01)。

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 ①经超声检查发现甲状腺结节;②经甲状腺超声检查,依据TI-RADS分类标准明确为1~4类结节^[5];③具有完整的实验室检查结果及超声结果记录。

1.2.2 排除标准 ①未规范进行甲状腺功能及代谢指标检测;②合并急性、亚急性甲状腺炎;③既往有甲状腺手术或颈部放射治疗史;④合并严重的全身性疾病,如终末期肝病、尿毒症或恶性肿瘤远处转移;⑤临床资料不完整或关键指标缺失。

1.3 方法

1.3.1 临床资料收集 系统性回顾患者的电子病历资料,获取相关临床数据,包括患者年龄、性别、体质量指数(body mass index, BMI)及患者体检时首次测量的收缩压(systolic blood pressure, SBP)、舒张压(diastolic blood pressure, DBP)。所有数据由2名经过培训的研究人员独立提取并交叉核对以确保数

据准确性。

1.3.2 多模态代谢-血液标志物检测 获取甲状腺功能指标包括促甲状腺激素 (thyroid-stimulating hormone, TSH)、游离三碘甲腺原氨酸 (free triiodothyronine, FT3)、游离甲状腺素 (free thyroxine, FT4), 糖代谢指标包括空腹血糖 (fasting blood glucose, FBG), 肝功能指标包括甘油三酯 (Triglyceride, TG)、低密度脂蛋白胆固醇 (low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇 (high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、总胆固醇 (total cholesterol, TC)、白蛋白 (Albumin, Alb)、球蛋白 (Globulin, Glob), 肾功能指标包括肾小球滤过率 (estimated glomerular filtration rate, eGFR)、肌酐 (serum creatinine, Scr)、尿素 (blood urea nitrogen, BUN)、胱抑素 C (cystatin C, Cys-C)。所有血液样本采用标准静脉采血方法, 于清晨空腹状态下采集, 采用瑞士罗氏诊断有限公司生产的 Cobas e601 电化学发光免疫分析仪检测甲状腺功能, 日本日立高新技术公司生产的 7600 全自动生化分析仪检测糖脂代谢、肝功能、肾功能, eGFR 值基于 CKD-EPI 公式计算获取。所有检测严格遵循仪器操作规程和实验室质量控制标准, 检测结果由医院检验科审核后录入信息系统, 研究人员从健康管理中心体检系统获取上述实验室数据并进行整理分析。

1.3.3 甲状腺超声特征检测 所有超声检查采用配备高频线阵探头 (LA3-14AD) 的韩国三星集团 HS60 超声诊断仪, 由具备 5 年以上甲状腺超声诊断经验的医师按照标准操作规范进行检查与评估, 记录结节数量, 分为单发或多发, 根据钙化情况分为存在或不存在钙化。采用彩色多普勒血流成像技术评估血流信号, 并分为 0、I 级或 II、III 级, 同时评估结节边界清晰、形态规则性及内部回声特征。所有超声图像在医院病历系统中存档。

1.4 统计学方法

数据分析采用 SPSS 27.0 和 R 3.4.3 统计软件。计量资料以中位数 (下四分位数, 上四分位数) [M (P₂₅, P₇₅)] 表示, 比较用秩和检验; 计数资料以构成比或率 (%) 表示, 比较用 χ^2 检验; 影响因素分析用多因素一般 Logistic 回归模型; 绘制受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线和校正曲线。P < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床资料、多模态代谢-血液标志物比较

低危结节组与高危结节组性别构成、BMI、SBP、DBP、FT3、FT4、FBG、TG、HDL-C、TC、Alb、Glob、eGFR、Scr、BUN 及 Cys-C 水平比较, 经 Z / χ^2 检验, 差异均无统计学意义 (P > 0.05)。低危结节组与高危结节组年龄、TSH、FT4、LDL-C 水平比较, 经 Z 检验, 差异均有统计学意义 (P < 0.05); 高危结节组年龄、TSH、LDL-C 水平均高于低危结节组, FT4 水平低于低危结节组。见表 1。

2.2 两组甲状腺超声特征比较

低危结节组与高危结节组结节数量构成比较, 经 χ^2 检验, 差异无统计学意义 (P > 0.05)。低危结节组与高危结节组钙化情况、血流分级、边界是否清晰、形态是否规则、内部回声构成比较, 经 χ^2 检验, 差异均有统计学意义 (P < 0.05); 低危结节组血流分级 0、I 级占比、边界清晰率、形态规则率均高于高危结节组, 钙化率和内部低回声占比均低于高危结节组。见表 2。

2.3 甲状腺高危结节发生的多因素一般 Logistic 回归分析

以甲状腺高危结节是否发生 (否=0, 是=1) 为因变量, 将年龄 (实测值)、TSH (实测值)、FT4 (实测值)、LDL-C (实测值)、钙化情况 (否=0, 是=1)、血流分级 (0、I 级=0, II、III 级=1)、边界清晰 (否=0, 是=1)、形态规则 (否=0, 是=1)、内部回声 (高、等、混合回声=0, 低回声=1) 为自变量, 进行多因素一般 Logistic 回归分析, 结果显示: 年龄大 [OR=1.036 (95% CI: 1.011, 1.061)]、TSH 水平高 [OR=1.058 (95% CI: 1.017, 1.100)]、LDL-C 水平高 [OR=1.644 (95% CI: 1.065, 2.537)]、发生钙化 [OR=12.767 (95% CI: 6.583, 24.762)]、血流分级 II、III 级 [OR=10.351 (95% CI: 5.347, 20.038)]、内部低回声 [OR=17.075 (95% CI: 8.343, 34.943)] 均为发生甲状腺高危结节的危险因素 (P < 0.05); FT4 水平高 [OR=0.826 (95% CI: 0.700, 0.973)]、边界清晰 [OR=0.046 (95% CI: 0.023, 0.091)]、形态规则 [OR=0.019 (95% CI: 0.009, 0.039)] 均为发生甲状腺高危结节的保护因素 (P < 0.05)。见表 3。

表 1 两组临床资料、多模态代谢-血液标志物比较

组别	n	年龄[岁, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	男/女/ 例	BMI[kg/m ² , M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	SBP[mmHg, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	DBP[mmHg, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	TSH[mIU/L, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]
低危结节组	8 030	41(34,53)	1 224/6 806	22.90(21.00,25.20)	122.00(111.00,134.00)	73.00(66.00,81.00)	2.37(1.63,3.33)
高危结节组	111	47(36,54)	11/100	22.90(21.35,25.45)	122.00(110.00,134.00)	75.00(67.00,81.00)	2.47(1.98,3.59)
Z/χ ² 值		2.727	2.420	0.659	0.058	1.013	2.257
P值		0.006	0.120	0.510	0.953	0.311	0.024

组别	FT3[pmol/L, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	FT4[pmol/L, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	FBG[mmol/L, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	TC[mmol/L, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	LDL-C[mmol/L, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	HDL-C[mmol/L, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]
低危结节组	4.84(4.50,5.21)	15.90(14.50,17.20)	4.96(4.68,5.31)	1.05(0.76,1.54)	2.78(2.31,3.34)	1.41(1.20,1.67)
高危结节组	4.72(4.42,5.15)	15.20(14.20,17.00)	4.98(4.62,5.24)	1.15(0.81,1.67)	2.90(2.55,3.32)	1.39(1.16,1.65)
Z/χ ² 值	1.806	2.714	0.690	1.123	2.301	0.853
P值	0.071	0.007	0.490	0.261	0.021	0.394

组别	TC[mmol/L, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	Alb[g/L, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	Glob[g/L, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	eGFR[mL/(min·1.73 m ²), M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	Scr[μmol/L, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	BUN[mmol/L, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	Cys-C[mg/L, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]
低危结节组	4.61(4.05,5.24)	45.90(44.50,47.30)	26.60(24.50,28.70)	107.53(96.22,116.74)	58.00(51.70,66.40)	4.80(4.05,5.67)	0.79(0.72,0.89)
高危结节组	4.65(4.06,5.29)	46.20(44.90,47.80)	25.80(24.10,28.40)	105.97(97.48,113.10)	58.50(52.20,64.90)	4.82(4.09,5.86)	0.77(0.69,0.91)
Z/χ ² 值	0.211	1.685	1.370	1.217	0.314	0.571	1.476
P值	0.833	0.092	0.171	0.224	0.754	0.568	0.140

表 2 两组甲状腺超声特征比较 例(%)

组别	n	结节数量		钙化情况		血流分级	
		单发	多发	是	否	0、I级	II、III级
低危结节组	8 030	4 873(60.68)	3 157(39.32)	1 326(16.51)	6 704(83.49)	6 358(79.18)	1 672(20.82)
高危结节组	111	68(61.26)	43(38.74)	89(80.18)	22(19.82)	25(22.52)	86(77.48)
χ ² 值		0.013		266.278		190.583	
P值		0.909		0.000		0.000	

组别	边界清晰		形态规则		内部回声	
	是	否	是	否	低回声	高、等、混合回声
低危结节组	7 189(89.53)	841(10.47)	7 452(92.80)	578(7.20)	1 765(21.98)	6 265(78.02)
高危结节组	31(27.93)	80(72.07)	18(16.22)	93(83.78)	97(87.39)	14(12.61)
χ ² 值	414.061		468.135		192.241	
P值	0.000		0.000		0.000	

表 3 甲状腺高危结节发生的多因素一般 Logistic 回归分析参数

自变量	b	S _b	Wald χ ² 值	P值	OR值	95% CI	
						下限	上限
年龄	0.035	0.012	8.110	0.004	1.036	1.011	1.061
TSH	0.056	0.020	7.738	0.005	1.058	1.017	1.100
FT4	-0.192	0.084	5.206	0.023	0.826	0.700	0.973
LDL-C	0.497	0.221	5.043	0.025	1.644	1.065	2.537
钙化情况	2.547	0.338	56.781	0.000	12.767	6.583	24.762
血流分级	2.337	0.337	48.084	0.000	10.351	5.347	20.038
边界清晰	-3.074	0.346	78.873	0.000	0.046	0.023	0.091
形态规则	-3.957	0.367	116.201	0.000	0.019	0.009	0.039
内部回声	2.838	0.365	60.315	0.000	17.075	8.343	34.943

2.4 列线图模型的构建

基于发生甲状腺高危结节的多因素一般

Logistic 回归分析，使用 R 软件构建列线图模型及校正曲线。见图 1、2。

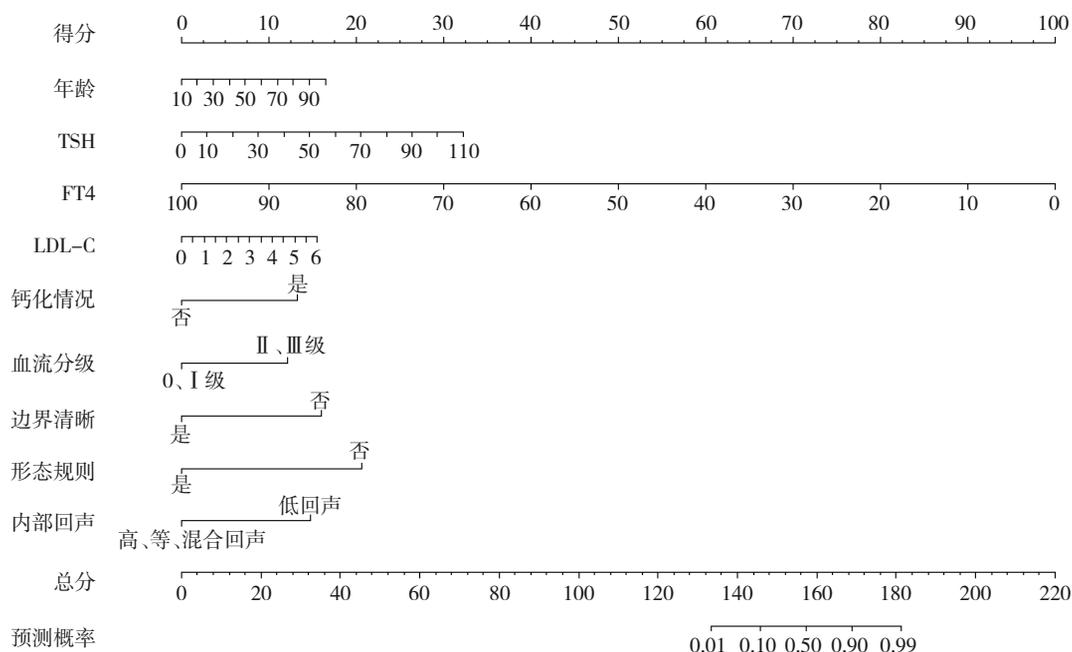


图 1 多模态代谢-血液标志物联合甲状腺超声特征构建高危结节风险列线图

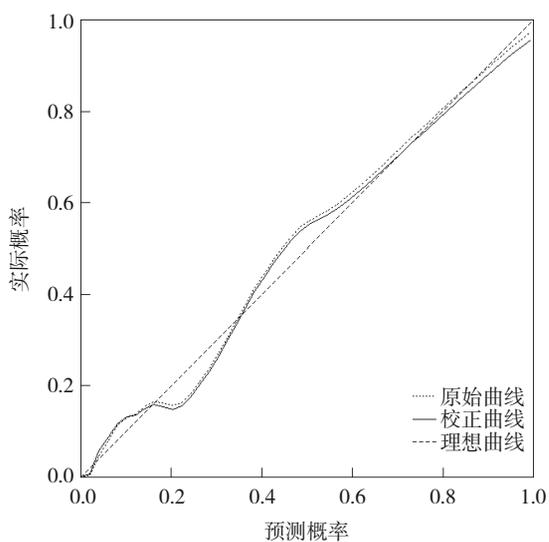


图 2 列线图预测模型的校正曲线

3 讨论

甲状腺结节的良恶性鉴别是临床诊疗的重要挑战，其发生、发展涉及复杂的代谢重编程和分子机制^[6]。研究表明，甲状腺癌细胞通过 Warburg 效应促进糖酵解，同时激活异常脂质代谢通路以满足其快速增殖的能量需求，这种代谢特征可在血液 TSH、FT4 等甲状腺功能指标、LDL-C 等血脂

参数中体现^[7-8]。超声特征如微钙化、边界不清等形态学改变则反映了肿瘤微环境重塑过程。然而，单独模态指标在诊断效能上存在明显局限，20%~30% 不典型结节难以通过常规方法鉴别^[9]。近年来，多组学整合分析为肿瘤早期诊断提供了新思路，ZHANG 等^[10]证实代谢标志物联合影像学特征可显著提高甲状腺结节良恶性鉴别准确率。本研究分析甲状腺功能（TSH、FT4）、糖脂代谢（LDL-C、FBG）等血液指标与超声特征（钙化情况、血流分级、边界清晰等）的协同诊断价值，通过构建多模态预测列线图，旨在建立客观量化的高危风险分层体系，为临床决策提供循证依据，最终实现甲状腺结节的精细化管理。

甲状腺高危结节的临床特征呈现出明显的年龄和代谢相关差异。与低危结节相比，高危结节患者年龄更大，这可能反映肿瘤发生、发展所需的累积性基因突变和表观遗传改变的时间依赖性^[11]。在代谢特征方面，高危结节组表现出 TSH 水平升高和 FT4 水平降低的特征性改变，这种甲状腺功能紊乱提示下丘脑-垂体-甲状腺轴反馈调节异常，可能与肿瘤组织对甲状腺激素的敏感性改变或局部微环境的影响有关^[12-13]。同时，甲状腺高危

结节患者 LDL-C 水平显著升高,反映了肿瘤细胞增殖过程中对胆固醇等脂质成分的需求增加,这种代谢重编程现象为肿瘤细胞膜合成和信号转导提供必要的物质基础^[14]。这些代谢参数的改变为甲状腺高低危结节的鉴别提供了重要的实验室依据。从超声特征来看,甲状腺高危结节表现出典型的形态学改变。钙化发生率显著升高可能与肿瘤组织坏死和砂粒体形成相关;丰富的血流信号反映了肿瘤血管生成的活跃状态;边界不清和形态不规则体现了恶性肿瘤浸润性生长的生物学特性;而特征性的低回声改变可能与肿瘤细胞排列密集及间质成分比例改变导致的声学特性变化有关^[15-17]。值得注意的是,结节的多发性特征在高低危鉴别中缺乏判别价值,这提示临床评估应更注重结节的质量特征而非数量特征。这些影像学特征的组合模式为甲状腺结节的术前风险评估提供了可靠的形态学依据。

本研究基于多因素一般 Logistic 回归分析,构建甲状腺高危结节风险预测模型确定关键预测因子,包括年龄、TSH、LDL-C 等代谢指标及钙化情况、血流分级等超声特征。这些指标从不同角度反映了甲状腺高危结节的病理生理特征:年龄增长与肿瘤发生的累积效应相关^[18-19];TSH 升高和 FT4 降低提示甲状腺功能调控异常^[20-21];LDL-C 水平升高反映肿瘤细胞发生脂质代谢重编程^[22-23];钙化和丰富血流等超声特征则直观展示了恶性肿瘤的血管生成和结构改变特性^[24-25]。列线图模型的临床价值主要体现在3个方面:首先,整合了代谢功能指标和形态学特征,实现了对甲状腺高危结节风险的全面评估;其次,通过量化各危险因素的贡献权重,为临床医生提供了客观的风险分层工具,尤其有利于不典型结节的鉴别诊断;最后,良好的校准性能确保预测结果的可靠性,指导个体化诊疗决策,既能减少低危结节的过度治疗,又能提高高危结节的早期检出率。该模型的建立为甲状腺结节的精准化管理提供了重要工具,有助于优化临床诊疗路径和改善预后。

综上所述,本研究构建的多模态预测模型整合代谢-血液标志物与甲状腺结节超声特征,具有良好的临床推广价值:首先,所选实验室指标均为常规检测项目,便于各级医疗机构开展;其次,

模型经校准验证具有可靠预测性能,可辅助临床决策。然而,研究存在若干局限性:样本量相对有限,且为单中心回顾性设计,可能影响结果外推性;未纳入分子标志物等新兴指标,预测效能有待进一步提升;人群特征相对单一,缺乏对不同地域、种族人群的验证。未来研究应扩大样本量并进行多中心前瞻性验证,同时整合基因组学、蛋白质组学等多组学数据优化模型;探索人工智能技术辅助的自动化分析系统;开展长期随访评估模型对临床结局的改善作用,以推动甲状腺结节良恶性的精准诊疗体系建设。

参 考 文 献 :

- [1] 马玉利,王伟.彩超联合血清 FGF-19、KLF4 检测对甲状腺结节良恶性的诊断价值[J].成都医学院学报,2025,20(3):411-415.
- [2] 邵春晖,李培英,赵君智,等.多模态超声诊断 C-TIRADS4 类细针穿刺细胞学检查 TBSRTC III 类甲状腺结节的价值[J].中华全科医学,2025,23(3):464-467.
- [3] 邢琪,常文龙,翟娜.甲状腺功能亢进症患者血清果糖胺、糖化血红蛋白水平及其与糖代谢指标水平的相关性[J].检验医学与临床,2024,21(15):2168-2171.
- [4] 何佳桐,曹毅,于婵,等.1 073 例中老年人糖代谢异常与甲状腺结节的相关性研究[J].重庆医学,2023,52(13):1959-1963.
- [5] 中华医学会内分泌学分会,中华医学会外科学分会甲状腺及代谢外科学组,中国抗癌协会头颈肿瘤专业委员会,等.甲状腺结节和分化型甲状腺癌诊治指南(第二版)[J].中华内分泌代谢杂志,2023,39(3):181-226.
- [6] 唐启瑛,刘信攸,姜秋利,等.弥散峰度成像联合常规 MRI 在甲状腺良恶性结节鉴别诊断中的价值[J].磁共振成像,2025,16(5):136-142.
- [7] MARTINEZ-CUAZITL A, MATA-MIRANDA M M, HERNANDEZ-ABARCA E, et al. Warburg effect in malign thyroid tissue evidenced using FTIR spectroscopy[J]. Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc, 2025, 339: 126281.
- [8] MATUSIAK A E, STĘPNIAK J, LEWANDOWSKI K C, et al. Central hypothyroidism with low TSH compared to normal TSH is associated with more advanced pituitary disease and less favorable metabolic profile[J]. Metabolites, 2025, 15(2): 125.
- [9] GARCIA M, OLIVER PETIT I, FRANCHET C, et al. Atypical thyroid manifestation in Cowden disease: a case report and literature review[J]. Front Pediatr, 2025, 13: 1499664.
- [10] ZHANG X X, JIANG M J, ZHU W, et al. Correlation between ultrasound-based hepatic steatosis grade and thyroid hormone levels[J]. Gland Surg, 2025, 14(4): 726-737.
- [11] 储冰峰,胡瑛君.甲状腺乳头状癌颈部淋巴转移的性别与年龄相关差异基因与通路分析[J].中国普通外科杂志,2024,33(11):1825-1834.
- [12] 杨旦,沈祥,陆伟,等.分化型甲状腺癌患者术后血清 T3、T4、

- TSH 等指标的变化情况分析[J]. 实用癌症杂志, 2020, 35(5): 801-803.
- [13] 王茹, 李丹, 吕中伟, 等. 分化型甲状腺癌患者¹³¹I治疗后4~6周身体成分变化分析[J]. 同济大学学报(医学版), 2022, 43(5): 666-672.
- [14] XIE Y, JIANG Y, WU Y, et al. Association of serum lipids and abnormal lipid score with cancer risk: a population-based prospective study[J]. J Endocrinol Invest, 2024, 47(2): 367-376.
- [15] XU R F, WEN W W, ZHANG Y N, et al. Diagnostic significance of ultrasound characteristics in discriminating follicular thyroid carcinoma from adenoma[J]. BMC Med Imaging, 2024, 24(1): 299.
- [16] 郑卫, 郑辉, 陈露. 超声血流参数与乳头状甲状腺癌临床病理及超声 TI-RADS 分级关系研究[J]. 河北医学, 2024, 30(5): 810-813.
- [17] 余金超, 赵卫燕, 王丽丽. 增强 CT 征象和 CT 值对分化型甲状腺癌的诊断价值及与淋巴结转移的相关性[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2025, 23(4): 49-52.
- [18] 孙丹阳, 孟召伟, 谭建, 等. 年龄及甲状腺球蛋白抗体阳性水平对分化型甲状腺癌预后的影响[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2021, 37(12): 1068-1074.
- [19] 杨志杰, 王璐, 钱云, 等. 2009-2019 年江苏省肿瘤登记地区甲状腺癌发病趋势和年龄变化特征分析[J]. 中国肿瘤, 2024, 33(12): 991-998.
- [20] 王永红, 杨国军. 甲状腺功能正常人群 FT4 和 TSH 水平与贫血关系的研究[J]. 浙江医学, 2025, 47(7): 744-747.
- [21] 李红, 刘成山, 拉珍. 先天性甲状腺功能减退症患儿 TSHR 基因突变及其与血清 FT4 水平的关系[J]. 中南医学科学杂志, 2024, 52(6): 976-979.
- [22] 常杰, 朴金龙, 谢莉莉. 2 型糖尿病患者血清糖化血红蛋白水平与甲状腺癌发病风险的关系[J]. 现代肿瘤医学, 2020, 28(15): 2598-2601.
- [23] 张元, 李沁, 白超. 老年甲状腺癌患者术前血脂、尿酸水平与术后淋巴结转移的相关性[J]. 现代肿瘤医学, 2021, 29(15): 2607-2611.
- [24] KAYHAN Y, AZIZOVA L, YILMAZ M, et al. Prognostic factors for aggressiveness in subcentimeter papillary thyroid carcinoma: impact of tumor size and lymph node metastases[J]. Arch Endocrinol Metab, 2024, 68: e230422.
- [25] SUN X S, WEI Z C, LUO Y Q, et al. Exploration of the evaluation value of combined magnetic resonance imaging and ultrasound blood flow parameters in cervical lymph node metastasis of thyroid cancer[J]. Cancer Manag Res, 2025, 17: 651-659.

(童颖丹 编辑)

本文引用格式: 郑苏敏, 李红, 钱昊. 多模态代谢-血液标志物联合甲状腺超声特征构建的高危结节风险预测列线图[J]. 中国现代医学杂志, 2026, 36(2): 104-110.

Cite this article as: ZHENG S M, LI H, QIAN H. Nomogram for predicting high-risk thyroid nodules based on multimodal metabolic and blood markers combined with ultrasound characteristics[J]. China Journal of Modern Medicine, 2026, 36(2): 104-110.